

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-163706

(43)Date of publication of application : 25.06.1990

(51)Int.Cl.

G02B 6/12

(21)Application number : 63-318454

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 19.12.1988

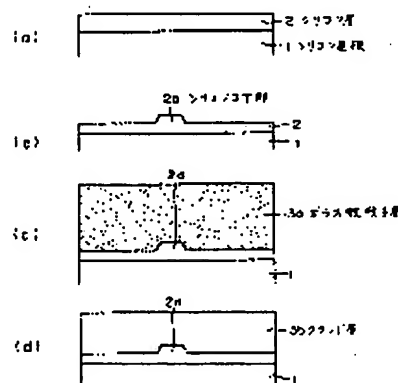
(72)Inventor : KAWACHI MASAO  
SUGITA AKIO  
YASU MITSUHO

## (54) SILICON LIGHT WAVEGUIDE AND PRODUCTION THEREOF

## (57)Abstract:

PURPOSE: To obtain the silicon light waveguide which is low in light propagation loss and is easy to handle by embedding a silicon core part by a quartz glass clad layer contg. a prescribed dopant.

CONSTITUTION: A silicon layer 2 having the free carrier concn. lower than the free carrier concn. of a silicon substrate 1 is first epitaxially grown on the substrate 1. The unnecessary part of the silicon layer having the low free carrier concn. is then removed to form the ridge-shaped silicon core part 2a. The quartz glass clad layer 3b contg. the dopant to lower the softening temp. of the quartz glass is formed so as to embed at least the ridge-shaped silicon core part 2a. The influence of the fluctuation in the boundary with the quartz glass clad layer is drastically decreased by adopting the constitution of the silicon light guide provided with such thick quartz glass clad layer. The silicon light guide which is low in loss and is easy to handle is thus obt'd.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-163706

⑬ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)6月25日

G 02 B 6/12

N  
M

7036-2H  
7036-2H

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全8頁)

⑮ 発明の名称 シリコン光導波路およびその製造方法

⑯ 特 願 昭63-318454

⑰ 出 願 昭63(1988)12月19日

⑱ 発 明 者 河 内 正 夫 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑲ 発 明 者 杉 田 彰 夫 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑳ 発 明 者 安 光 保 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

㉑ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

㉒ 代 理 人 弁理士 谷 義 一

明 細 書

光 導 波 路。

1. 発明の名称

シリコン光導波路およびその製造方法

2. 特許請求の範囲

1) 下部クラッド層を兼ねたシリコン基板と、

前記シリコン基板上に配置され、該シリコン基板より自由キャリア濃度の低いシリコンコア部と、

前記シリコンコア部を埋め込むように配置され、かつ石英系ガラスの軟化温度を低下させるドーパントを含む石英系ガラスクラッド層とを具備したことを特徴とするシリコン光導波路。

2) 前記シリコンコア部の前記シリコン基板に接する面および前記石英系ガラスクラッド層に接する面に、前記シリコンコア部の自由キャリア濃度よりも高い自由キャリア濃度を有する拡散層を配設したことを特徴とする請求項1記載のシリコン

3) シリコン基板上に、該シリコン基板より低自由キャリア濃度のシリコン層をエビタキシャル成長させる工程と、

前記低自由キャリア濃度のシリコン層の不要部分を除去してリッジ状シリコンコア部を形成する工程と、

少なくとも前記リッジ状シリコンコア部を埋め込むようにして、石英系ガラスの軟化温度を下げるドーパントを含む石英系ガラスクラッド層を形成する工程と

を具備したことを特徴とするシリコン光導波路の製造方法。

4) 前記石英系ガラスクラッド層の形成工程は、

リッジ状シリコンコア部を形成した前記シリコン基板上に、ガラス形成原料ガスの火炎加水分解反応により、前記リッジ状シリコンコア部を埋め

込むようにガラス微粒子を堆積する工程と、

それにより前記シリコン基板上に堆積されたガラス微粒子を前記シリコン基板と共に加熱して、前記ガラス微粒子を透明ガラス化して、前記石英系ガラスクラッド層を形成する工程とを具えたことを特徴とする請求項3記載のシリコン光導波路の製造方法。

(以下余白)

供できるのみならず、LSI との融合による新機能回路の出現等も期待される。実際、これまでも上述の観点から、シリコン光導波路の提案がなされている。

第5図(a)および(b)は、従来提案されているシリコン光導波路の断面構造例を示す断面図である。図示の構造は、学術雑誌IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. QE-22, No. 6, (1986) pp. 873-879 および Appl. Phys. Lett., Vol. 51, No. 1 (1987) pp. 6-8に開示されている。第5図(a)は、単純なリッジ型シリコン光導波路を示し、第5図(b)は、薄膜SiO<sub>2</sub>クラッド付きリッジ型シリコン光導波路を示す。

ここで、1は、ドーバントを多量に含み、自由キャリア濃度の高いシリコン基板であり、下部クラッド層としても機能する。2はシリコン基板1上にエピタキシャル成長法により形成された自由キャリア濃度の低いシリコン層である。2aは、シリコン層2の一部をリッジ状に加工することにより形成されたシリコン光導波路コア部である。3

### 3. 発明の詳細な説明

#### 〔産業上の利用分野〕

本発明は、光集積回路分野に用いるシリコン光導波路およびその製造方法に関するものであり、さらに詳細には、光伝搬損失が低く、かつ取扱いが容易なシリコン光導波路およびその製造方法に関するものである。

#### 〔従来の技術〕

光通信分野や光情報処理分野等において、実用的な光集積回路への要求が高まっている。光集積回路を構成するためには、平面基板上に低損失な光導波路を形成することが基本となる。従来、ガラスやプラスチック、誘電体結晶、化合物半導体等を材料とした多様な光導波路構造とその製法が提案されている。

仮に、今日、LSI 技術分野での基本材料としての地位を確立している結晶シリコン基板(シリコンウェハ)上に、やはりシリコン材料を用いて光導波路を形成できれば、光集積回路を経済的に提

はコア部2を覆うようにしてシリコン層2上に配置した薄膜の形態のSiO<sub>2</sub>クラッド層である。

基板1としては、例えばドーバントPを $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 程度含むn<sup>+</sup>型シリコン基板を用い、シリコン層2としては、ドーバントPを $7.5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 程度含むエピタキシャル成長シリコン層を使用できる。コア部2aの寸法諸元は、幅 $10 \mu\text{m}$ 程度、リッジ部高さ $4 \mu\text{m}$ 程度、全体高さ $7 \mu\text{m}$ 程度である。第5図(b)における薄膜SiO<sub>2</sub>クラッド層3の厚さは高々 $0.5 \mu\text{m}$ 程度以下である。

第5図(a)または(b)において、コア部2aと基板1との間には、自由キャリア濃度差に起因する $\Delta n = 1.5 \times 10^{17}$ 程度の屈折率差が生じ、リッジ形状に起因する横方向の光閉じ込め作用とあいまって、コア部2aは所望の光伝搬作用を営むことができる。

#### 〔発明が解決しようとする課題〕

しかし、従来のこれらのシリコン光導波路の光伝搬損失は、波長帯 $1.3 \mu\text{m}$ で $15 \sim 20 \text{ dB/cm}$ 程度

と極めて大きく、光集積回路の設計や製作、応用上の重大な制約事項となっていた。このように光伝搬損失が大きい理由は、第5図(a)のコア部2aのリッジ側面に加工荒れが存在し、コア部と周辺の空気との界面において光散乱損失が生じるからと推察される。第5図(b)の構造では、薄膜 $\text{SiO}_2$ クラッド層3によってコア部2aが覆われているものの、薄膜 $\text{SiO}_2$ クラッド層3とコア部2aとの界面ゆらぎは、相変わらず存在する。しかも、薄膜 $\text{SiO}_2$ クラッド層3の厚さが不十分であるから、コア部2aを伝搬する信号光は、薄膜 $\text{SiO}_2$ クラッド層3の表面のゆらぎまでも感じてしまい、やはり光散乱損失の増加を招いていたと推察される。

実際に光導波路を光集積回路の構成要素として使えるか否かの光伝搬損失ボーダーラインは、2〜3dB/cm程度と考えられ、従って、第5図(a)または(b)に示した従来のシリコン光導波路は実用に適しておらず、低損失なシリコン光導波路構造およびその製造方法の出現が望まれていた。

さらに、第5図(a)および(b)に示した従来の

度の低いシリコンコア部と、シリコンコア部を埋め込むように配置され、かつ石英系ガラスの軟化温度を低下させるドーパントを含む石英系ガラスクラッド層とを具えたことを特徴とする。

ここで、シリコンコア部のシリコン基板に接する面および石英系ガラスクラッド層に接する面に、シリコンコア部の自由キャリア濃度よりも高い自由キャリア濃度を有する拡散層を配設することもできる。

このようなシリコン光導波路を製造するにあたり、本発明製造方法は、シリコン基板上に、シリコン基板より低自由キャリア濃度のシリコン層をエピタキシャル成長させる工程と、低自由キャリア濃度のシリコン層の不要部分を除去してリッジ状シリコンコア部を形成する工程と、少なくともリッジ状シリコンコア部を埋め込むようにして、石英系ガラスの軟化温度を下げるドーパントを含む石英系ガラスクラッド層を形成する工程とを具えたことを特徴とする。

ここで、石英系ガラスクラッド層は、ガラス形

シリコン光導波路構造では、コア部2aが表面近傍に露呈あるいは、ほぼ露呈しているため、外部からの塵の付着により光伝搬損失がさらに増加し易く、またコア部が破損し易い等の実装上の問題点もあった。

そこで、本発明の目的は、上記の欠点を解決し、光伝搬損失が低く、取り扱いの容易なシリコン光導波路およびその製造方法を提供することにある。

#### 【課題を解決するための手段】

このような目的を達成するために、本発明では、石英系ガラスの軟化温度を低下させるドーパントとして、たとえば $\text{B}_2\text{O}_3$ あるいは $\text{P}_2\text{O}_5$ を含む厚い石英系ガラスクラッド層でシリコン光導波路コア部を完全に覆って、コア部を埋め込んでしまう。

すなわち、本発明シリコン光導波路は、下部クラッド層を兼ねたシリコン基板と、シリコン基板上に配置され、シリコン基板より自由キャリア濃

成原料ガスの火炎加水分解反応によりコア部を埋め込むようにクラッド層形成用ガラス微粒子層を堆積し、しかる後、このガラス微粒子層を基板ごと加熱して透明ガラス化することにより形成することができる。

#### 【作用】

本発明によるシリコン光導波路は、外気から完全に遮断され、クラッド層と空気層との界面ゆらぎの影響から完全に免れる。また、クラッド層形成用にシリコン基板上に堆積させたガラス微粒子層を加熱して透明ガラス化する工程において、クラッド層に軟化温度低下用ドーパントとして含まれる $\text{B}_2\text{O}_3$ あるいは $\text{P}_2\text{O}_5$ などのドーパントがコア部表面に拡散して、コア部表面の自由キャリア濃度を増加させるので、コア部表面に実質的なシリコンクラッド層が自ら形成される。その結果、石英系ガラスクラッド層との界面ゆらぎの影響を激減させることができる。以上のように、本発明によれば、低損失かつ取扱容易なシリコン光導波路が

得られる。本発明によるシリコン光導波路は、厚さ数 $10\mu\text{m}$ もの石英系ガラスクラッド層で完全に埋め込まれている点で従来のシリコン光導波路とは大きく異なる。

#### 【実施例】

以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。

第1図(a),(b),(c),(d)は、本発明によるシリコン光導波路の製造方法の一実施例における順次の工程を説明するための断面図である。以下、順を追って工程を説明する。

第1図(a)に示すように、まず、下部クラッド層としても作用し、自由キャリア濃度の高いシリコン基板1(ここでは、 $n^+$ 型)の上面に自由キャリア濃度の低いシリコン層2(ここでは $n$ 型)を、 $7\mu\text{m}$ 程度の厚さにエピタキシャル成長させる。

次に、フォトリソストを利用したフォトリソグラフィ工程と反応性イオンエッチングを用いた微

伝搬損失(波長 $1.3\mu\text{m}$ )を実測したところ、 $2\text{dB/cm}$ 程度であった。これは、従来のシリコン光導波路の光伝搬損失に比較して1桁以上も小さい損失値であった。本発明によるシリコン光導波路が、低損失である理由を、次に説明する。

第2図は、上記の工程にて作製した本発明シリコン光導波路の詳細断面を示す断面図である。

シリコン光導波路コア部2aを含めたシリコン層2の上表面には、上記の透明ガラス化工程において、石英系ガラスクラッド層3bに含まれているドーパント(ここでは $\text{P}_2\text{O}_5$ )のP成分が、コア部2aに拡散して自由キャリア濃度が増えて $n^+$ 型となった上部拡散層4が存在している。この透明ガラス化工程においては、同時に基板1に含まれているドーパント(ここではP)もシリコン層2の下面に僅かに拡散して下部拡散層5が形成されている。

ここで、特に、コア部2aと石英系ガラスクラッド層3bとの境界が急峻でなく、上記の拡散現象により、なだらかになっていることが特徴的であ

細加工法により、シリコン層2の所望部分をリッジ状(高さ $4\mu\text{m}$ 程度)に残して、第1図(c)に示すように、シリコンコア部2aを形成する。

続いて、第1図(c)に示すように、リッジ状コア部2aを覆うようにして、シリコン層2上に石英系クラッド層形成用ガラス微粒子層3aを堆積する。ここで、ガラス微粒子層3aの堆積は、 $\text{SiO}_2$ と $\text{PCl}_2$ とを混合したガラス形成原料ガスの火炎加水分解反応を利用して実施する。すなわち、上記原料ガスを酸水素トーチ中に供給し、火炎中で生成したガラス微粒子をコア部2aを含むシリコン層2を覆うように吹き付けるのである。

このようにして堆積したガラス微粒子層3aを基板1ごと電気炉中で $1150^\circ\text{C}$ 程度にまで加熱して、ガラス微粒子層3aを焼結し、透明ガラス化させて、第1図(d)に示すように、 $\text{P}_2\text{O}_5$ をドーパントとして含む石英系ガラスクラッド層3b(リッジ状コア部2a上での厚さ $25\mu\text{m}$ 程度)を形成する。

上記工程により作製したシリコン光導波路の光

る。その結果、コア部2aとクラッド層3bとの境界に存在する界面ゆらぎが、見かけ上、小さくなり、従来問題であった光散乱損失の発生が抑制され、本発明における低光伝搬損失の利点がもたらされるものと考えられる。もちろん、本発明では、第5図(b)に示した従来構造に比べて、クラッド層がはるかに厚く、外気層の影響を完全に遮断していることも、低光伝搬損失実現のための重要な要因である。

上記実施例では、クラッド層3bにドーパントとして含まれるP成分の拡散が、コア部2aの微細構造形成上、重要な役割を果たしている。この拡散量は、クラッド層3bを透明ガラス化する際の温度によって大きく左右される。すなわち、透明ガラス化温度が $1000^\circ\text{C}$ 程度以下の場合には、ほとんど拡散が生ぜず、光伝搬損失の低減化効果が低かった。逆に、透明ガラス化温度が $1300^\circ\text{C}$ 程度以上の場合には、拡散深さが深すぎて、コア部2aの低自由キャリア濃度領域が消失し、光伝搬作用そのものが失われてしまった。

石英系ガラス微粒子層3aの透明ガラス化に必要な最低温度は、ドーパント添加量によってほぼ決まり、透明ガラス化温度を1300℃以下にするには、 $P_2O_5$ を2モル%程度以上、クラッド層3bに含有させておくことが必要である。このようなガラス組成の設定は、ガラス形成原料ガスの組成により制御できる。 $P_2O_5$ の添加濃度が20モル%程度を超えると、クラッド層3bの耐候性が悪くなり、しかもまた、クラッド層3bの熱膨張係数がシリコン基板1の熱膨張係数よりも大きくなり、クラッド層3bにひび割れが発生しやすくなるので、実用上望ましくない。

上述したように、本発明シリコン光導波路は、コア部2aが厚い石英系クラッド層3bに埋め込まれた構造を基本としているが、このクラッド層3bの適正膜厚範囲は、ほぼ5～100  $\mu\text{m}$ の範囲である。膜厚が、5  $\mu\text{m}$ 程度以下であると、低損失化効果が得られるばかりでなく、取扱い上、破損しやすくなり、望ましくない。膜厚が、100  $\mu\text{m}$ 程度を超えると、材料が無駄であるばかりでなく、シ

リコン基板1の反りが増大し、やはり取扱い上望ましくない。

シリコン基板1の上に、石英系ガラス微粒子層3aを堆積する手段としては、上記の火炎加水分解反応を利用する方法以外に、各種の方法が知られているが、5～100  $\mu\text{m}$ 範囲の、いわゆる膜厚を、高品質な状態で堆積するためには、上記方法が最適である。

## 実施例2

第3図は、本発明の第2実施例として電流注入部を設けたシリコン光導波路の断面を示す断面図である。この実施例が実施例1と相違する点は、石英系ガラスクラッド層3bにドーパントとして、 $P_2O_5$ ではなく、 $B_2O_3$ が含有されている点、およびクラッド層3bの一部にリッジ状コア部2aに連する開口6が設けられ、その開口6を介してコア部2aに電極7が配設され、さらにシリコン基板1の下側主表面には下部電極8が配設されている点である。

第3図示の構造を形成するにあたっては、まず、実施例1と同様の工程を経て、リッジ状コア部2aを埋め込むように石英系ガラスクラッド層3bを堆積して透明化した。ただし、ガラス形成原料ガスとしては、 $\text{SiCl}_4$ - $\text{PCl}_5$ 系に代えて、 $\text{SiCl}_4$ - $\text{BCl}_3$ 系を用い、クラッド層3bの組成を $\text{SiO}_2$ - $\text{B}_2\text{O}_3$ 系とした。続いて、コア部2aの上側のクラッド層3bの一部にコア部に到達する幅6  $\mu\text{m}$ 、長さ1mmの開口6を反応性イオンエッチング法により形成し、引き続いて、電極7および下部電極8を真空蒸着法によって形成した。

本実施例のシリコン光導波路においては、クラッド層3bの形成時にB成分がコア部2aの表面近傍に拡散し、第3図に示したように、本来n型であったコア部2aの表面にp<sup>+</sup>層が形成されている。すなわち、コア部2aの上面には、いわゆるp<sup>+</sup>n接合が生じている。そこで、電極7を+極、下部電極8を-極として、p<sup>+</sup>n接合に順方向バイアスを加えると、コア部2aに、キャリアが大量に注入され、注入領域に屈折率変化(減少)を起こすこと

ができる。このために必要な注入電流密度は1kA/cm<sup>2</sup>程度であった。このような屈折率変化の現象は、シリコン光導波路を、光移相器や光スイッチの構成要素として活用する際に極めて有効である。

このように、実施例2においては、石英系クラッド層3bが、シリコン光導波路の光伝搬損失を低減化させる効果に加えて、p<sup>+</sup>n接合を形成し、シリコン光導波路を機能化するためにも有益である。

クラッド層3bにおける $B_2O_3$ 添加濃度の適正範囲については、実施例1における $P_2O_5$ 添加濃度範囲とほぼ同等の議論が成り立ったことを確認している。

以上、2例について、本発明シリコン光導波路の構成と製法について説明したが、本発明はこれら実施例にのみ限定されるものではなく、例えば、上記実施例とは逆にp<sup>+</sup>型シリコン基板にp型のシリコンコア部を設ける等のように種々変形して実施することもできる。

あるいはまた、石英系ガラスクラッド層にドーパントとして $P_2O_5$ と $B_2O_3$ とを同時に含有させることもできる。この場合、 $P_2O_5$ と $B_2O_3$ との合計添加濃度(モル%)について、実施例1で論じたのと同等の適正濃度範囲の議論が成り立つ。この場合、シリコンコア部上面の拡散層の極性は、P成分、B成分いずれが優勢であるのかに応じて、それぞれ、n型、p型に決定される。

### 実施例3

第4図(a)および(b)は本発明の第3実施例としての、光ファイバ接続ガイド溝付きシリコン光導波路の構成を示し、第4図(c)はそのファイバ挿入前の斜視図、第4図(d)はファイバ挿入後の断面図である。

ここで、厚い石英系ガラスクラッド層1bで埋め込まれたシリコン光導波路コア部2aを形成する工程は、第1図(a)～(d)と同様であるが、ここでは、さらに反応性イオンエッチングによりクラッド層1bとシリコン基板1の一部を除去して、コア

さらにまた、石英系ガラスクラッド層1bの一部を除去して形成した溝は、最近急速に進歩しつつあるシリコン基板上への化合物半導体のヘテロエピタキシャル成長技術とともに用いられ、シリコン光導波路端部や途中に化合物半導体光素子を直接形成する際の成長案内溝としての役割を果たすことも可能である。

### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明では、厚い石英系ガラスクラッド層を設けたシリコン光導波路構成をとることにより、従来問題であったシリコン光導波路の光伝搬損失を大幅に低減化できる。

さらに、本発明によれば、 $P_2O_5$ あるいは $B_2O_3$ を石英系ガラスの軟化温度を低下させるドーパントとして含有する石英系ガラスクラッド層を火炎加水分解反応を利用したガラス微粒子の堆積・透明化工程を経て形成することにより、シリコン光導波路の光伝搬作用を損なうことなく、厚いクラッド層を容易に形成できる。

部2aの端部近傍に、光ファイバ接続用のガイド溝9を設けた。このガイド溝9の幅は単一モード光ファイバ10の外径( $125\mu m$ )に合わせて $126\mu m$ とした。ガイド溝9の深さは、光ファイバ10をガイド溝9に挿入した際に、第4図(b)に示すように、この光ファイバのコア部が、シリコン光導波路のコア部2aと一致するように調節されているものとする。

実際に上記の構成で、光ファイバとシリコン光導波路との間の接続損を測定したところ、3dB程度であった。そのうちの約1dBは、シリコン光導波路と光ファイバとの屈折率差に起因するフレネル反射損であったので、シリコン光導波路端部に無反射コーティング処理を施してフレネル反射を解消した構成によれば、2dBを下回る接続損が達成された。

実施例3で説明した光ファイバ接続ガイドに類似のガイド構造は、光ファイバに限らず、シリコン光導波路に受発光素子などの光デバイスを装着する際にも利用できることは明らかである。

さらにまた、本発明では、必要に応じてシリコン光導波路にpn接合を設け、これにバイアス電圧を印加することにより、シリコン光導波路に機能性を付与することも可能である。

あるいはまた、シリコン光導波路コア部が、厚い石英系ガラスクラッド層に覆われたことにより、取扱いが容易となる利点もある。

さらにまた、本発明は、石英系ガラスクラッド層に反応性イオンエッチング等の方法で、一種のガイド溝を形成し、シリコン光導波路への光ファイバ接続や光素子装着を容易にすることができる効果も有する。

上記の効果により、本発明シリコン光導波路およびその製造方法は、上述した光集積回路応用分野に加えて、いわゆるオプティカル・インターコネクション等の新しい光導波路応用分野においても重要な地位を占めるものと期待される。

### 4. 図面の簡単な説明

第1図(a)、(b)、(c)および(d)は本発明による

シリコン光導波路の一実施例の作製工程例を示す断面図、

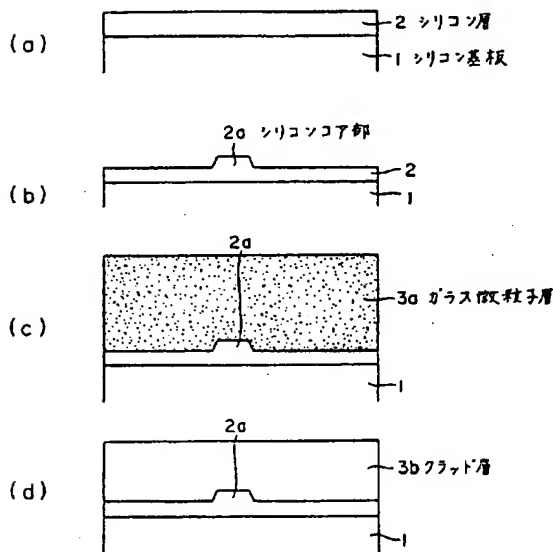
第2図は本発明の第1実施例のシリコン光導波路の断面構造の詳細を説明するための断面図、

第3図は本発明の第2実施例としての電流注入部付きシリコン光導波路の断面構造を示す断面図、

第4図(a)および(b)は本発明の第3実施例としての光ファイバ接続ガイド付きシリコン光導波路の構成を示す、それぞれ、斜視図および断面図、

第5図(a)および(b)は従来のシリコン光導波路断面構造の2例を示す断面図である。

- 1…シリコン基板、
- 2…エピタキシャルシリコン層、
- 2a…リッジ状シリコンコア部、
- 3…薄膜 $\text{SiO}_2$ クラッド層、
- 3a…クラッド用ガラス微粒子層、
- 3b…石英系ガラス膜厚クラッド層、



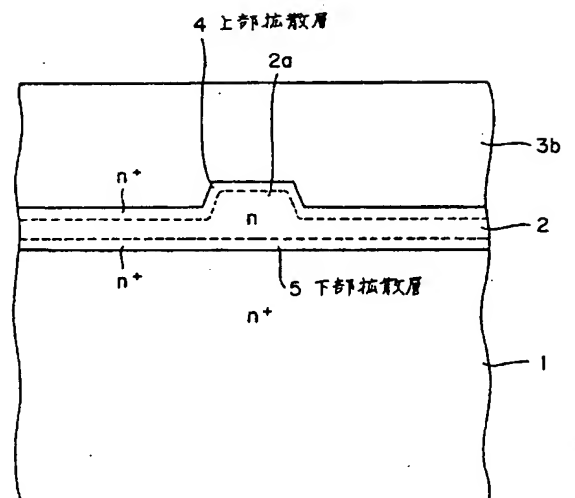
本発明実施例1の製造工程を示す断面図

第1図

- 4…上部拡散層、
- 5…下部拡散層、
- 6…開口、
- 7…電極、
- 8…下部電極、
- 9…光ファイバガイド溝、
- 10…光ファイバ。

特許出願人 日本電信電話株式会社

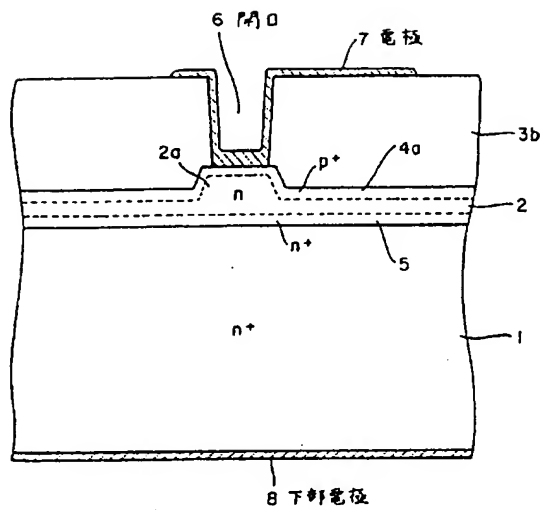
代理人 弁理士 谷 義 一



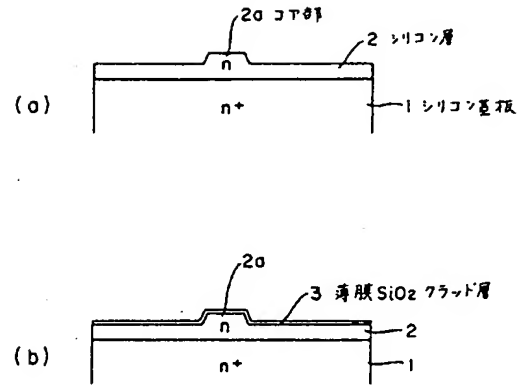
本発明実施例1の詳細断面図

第2図

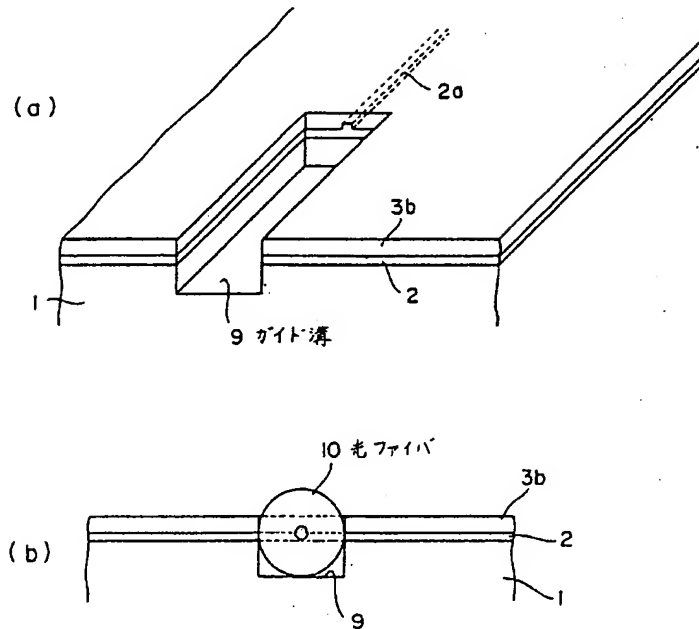




本発明実施例2の断面図  
第 3 図



従来のシリコン光導波路の2例を示す断面図  
第 5 図



本発明実施例3の斜視図および断面図  
第 4 図